

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

A 61 m, 1/00

A 61 m, 1/03

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.:

30 k, 1/01

30 k, 1/02

10

11

21

22

43

44

Auslegeschrift 2 200 599

Aktenzeichen: P 22 00 599.8-35

Anmeldetag: 7. Januar 1972

Offenlegungstag: —

Auslegetag: 5. Juli 1973

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung:

Blutpumpe

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder:

Bio-Medicus, Inc., Minneapolis, Minn. (V. St. A.)

Vertreter gem. § 16 PatG:

Dittmann, O., Dr.; Schiff, K. L.; Fünér, A. v., Dr.; Strehl, P.,
Dipl.-Ing.; Patentanwälte, 8000 München

72

Als Erfinder benannt:

Rafferty, Edson Howard, Excelsior, Minn.; Klutschka, Harold D.,
Montgomery, Ala. (V. St. A.)

55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DT-AS 1 026 047

DT 2 200 599

ORIGINAL INSPECTED

6.73 309 527/322

Patentansprüche:

1. Pumpe, insbesondere zur Förderung von Blut, mit einer rotierenden Fördereinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Fördereinrichtung aus wenigstens zwei koaxial, in einem Abstand voneinander angeordneten und miteinander starr verbundenen, insgesamt konischen Rotoren (35, 36) besteht, die so geformt sind, daß die Förderung ausschließlich auf der Reibungswirkung an den konischen Flächen beruht.
2. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenräume zwischen den Rotoren nach außen konvergieren.
3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotoren zwischen ihrer Achse und ihrem äußeren Umfang geradlinig ausgebildet sind.
4. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotoren zwischen ihrer Achse und ihrem äußeren Umfang gekrümmt sind.
5. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotoren (94 a bis 94 d; 114, 115, 168 bis 171) nicht parallel verlaufen und kontinuierlich nach außen hin zusammenlaufen, so daß die nach außen gerichtete Strömungsgeschwindigkeit des Fluids zwischen den Rotoren sich zwischen verschiedenen radialen Entfernungen von der Achse der Rotoren nicht wesentlich verändert.
6. Pumpe nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Elektromotor mit Magnetpolen, der mit einem der Rotoren und dem Gehäuse verbunden ist, durch eine mit dem Rotor oder dem Gehäuse verbundene Motorwicklung (54; 89; 180) und durch Leitungen (65, 65 a; 92, 93) zur Zufuhr eines elektrischen Stromes zum Antrieb der Rotoren.
7. Pumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetischen Pole aus magnetisierten Bereichen der Rotoren bestehen.
8. Pumpe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Rotor mit Magnetpolen versehen ist.
9. Pumpe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (151, 157) eine zweite, mit einer die Rotoren enthaltenden Pumpkammer konzentrische Kammer enthält, daß in der zweiten Kammer eine oder mehrere mit den Rotoren gekuppelte Scheiben (175, 176) angeordnet sind, daß um die Kupplung eine Dichtung vorgesehen ist, um ein Ausströmen des Fluids aus der Pumpkammer in die zweite Kammer zu verhindern, und daß die Magnetpole aus magnetisierten Bereichen wenigstens einer (175) der Scheiben bestehen.
10. Pumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorwicklung (54; 89; 180) im Gehäuse angeordnet und mittels einer Kunststoffschicht gegenüber dem Fluid abgedichtet ist.

ähnlich empfindliche Flüssigkeit, zum Ersatz einer oder mehrerer Pumpfunktionen des menschlichen oder tierischen Herzens bei dessen Arbeitsunfähigkeit.

Blut ist eine besonders komplizierte und empfindliche Flüssigkeit. Es besteht im wesentlichen aus Plasma, einer schwachgelblichen wäßrigen Flüssigkeit, die aufgelöste Salze, Protein und mikroskopische Elemente enthält, so z. B. die roten und weißen Blutkörperchen und Thrombozyten. Diese und andere Bestandteile des Blutes sowie die Art ihrer Suspension im Blut werden ziemlich leicht durch die Art beeinflusst oder beeinträchtigt, in der das Blut physikalisch behandelt wird. Mechanischen Scherbeanspruchungen, Schlägen, Druckentlastungen oder dergleichen ausgesetztes Blut kann ernstlich beschädigt werden, und das Gleichgewicht zwischen den Blutbestandteilen kann beeinflusst werden, wobei die Beeinflussung von der hydraulischen Behandlung des Blutes herrühren kann. Derart beeinflusstes Blut ist jedoch nicht mehr brauchbar.

Aus der deutschen Auslegeschrift 1 026 047 ist bereits eine eine rotierende Fördereinrichtung enthaltende Blutpumpe bekannt, die nach Art einer üblichen Zahnradschraube ausgebildet ist. Sie enthält zwei miteinander im Eingriff stehende Zahnräder, die bei ihrer Drehung das Blut fördern. Da während der Drehung die Zahnflanken der Zahnräder aneinander anliegen und reiben, werden die Bestandteile des Blutes gequetscht, so daß es zu Blutschädigungen kommt, die insbesondere dann nicht zulässig sind, wenn die Pumpe nicht nur für eine einmalige Bluttransfusion, sondern zur dauernden Übernahme oder Unterstützung der Herzstätigkeit eines Patienten verwendet werden soll.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Pumpe insbesondere für Blut zu schaffen, die das Herz eines Patienten teilweise oder ganz, intern oder extern ersetzen kann und dabei das gleiche Blut dauernd umwälzt, ohne dasselbe zu beeinträchtigen bzw. mehr zu beeinträchtigen, als der Körper Blutbestandteile ersetzen, Beeinträchtigungen ausgleichen und Abfallprodukte ausführen kann, d. h., bei der Quetschbeanspruchungen, plötzliche Druckänderungen, Stöße und schnelle Strömungsrichtungsänderungen vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer eine rotierende Fördereinrichtung enthaltenden Blutpumpe dadurch gelöst, daß die Fördereinrichtung aus wenigstens zwei koaxial, in einem Abstand voneinander angeordneten und miteinander starr verbundenen, insgesamt konischen Rotoren besteht, die so geformt sind, daß die Förderung ausschließlich auf der Reibungswirkung an den konischen Flächen beruht.

Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Pumpe haben gemeinsam, daß das Blut oder das andere empfindliche Fluid vorsichtig unter minimalen Scher- oder Schub-, Schlag-, Vibrations- und Stoßbeanspruchungen und ohne Druck- oder Temperaturänderungen behandelt wird und daß jegliche anderen Zustände oder Behandlungen vermieden werden, die das Blut oder das Fluid in unzulässiger Weise beeinträchtigen könnten. Durch eine langsame und stetige Beschleunigung des Fluids wird eine im wesentlichen nicht turbulente Strömung aufrechterhalten.

Die Pumpwirkung kann als Pumpen mit radial ansteigendem Druckgradienten oder in manchen Fällen genauer als zwangsweises Kraftwirbelpumpen mit ra-

Die Erfindung betrifft eine eine rotierende Fördereinrichtung enthaltende Pumpe für Blut einer lebenden Person oder eines lebenden Tieres oder für eine

dial ansteigendem Druckgradienten bezeichnet werden. Bei Zentrifugalpumpen wird das Fluid durch die Flügel des Laufrades zwangsweise angetrieben oder durch die Flügelrotation radial nach außen geworfen. Während sich das Fluid von den Flügeln in den ringförmigen Ausströmraum hinter den Spitzen der Flügel bewegt, wird seine Geschwindigkeit verringert, so daß der Druck nach der Bernoullischen Gleichung ansteigt. Mit den erfindungsgemäßen Pumpen wird das gepumpte Fluid nicht nach außen getrieben oder 10 geworfen, sondern kreisförmig in der Pumpkammer beschleunigt, während es sich vom Rotationsmittelpunkt immer mehr entfernt. Die Geschwindigkeit des Fluids ist in der Nähe des äußeren Umfangs der Rotoren am höchsten.

Die Rotoren sind vorzugsweise so ausgebildet, daß sie die Drehgeschwindigkeit der durch die Pumpe strömenden Flüssigkeit erhöhen, die Flüssigkeit jedoch nicht gegen den Umfang oder das Spiralgehäuse der Pumpkammer treiben oder werfen, sondern lediglich die Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit erhöhen. Wenn die Drehgeschwindigkeit der Flüssigkeit erhöht wird, so erreicht sie einen höheren »Kreis« um die Mitte der Rotoren und bewegt sich zum Umfang der Kammer.

Die Pumpen können auch mit einem inneren Antrieb in Form eines Elektromotors versehen sein. Die elektrischen Teile des Elektromotors können unterschiedliche Formen aufweisen.

Die erfindungsgemäßen Pumpen dienen hauptsächlich zum Pumpen von Blut, können jedoch auch zum Pumpen von anderen Materialien, insbesondere empfindlichen Flüssigkeiten, verwendet werden. Die erfindungsgemäßen Pumpen enthalten umlaufende Fluidbeschleuniger oder Rotoren. Das Blut oder andere empfindliche Fluide werden durch die erfindungsgemäße Pumpe nicht physikalisch beeinflusst.

Die Pumpen können innerhalb einer Körperhöhung, beispielsweise als Ersatz für eine oder beide Pumpfunktionen des Herzens, untergebracht werden. 40 Die erfindungsgemäßen Pumpen können ebenso zum externen Pumpen von Blut, außerhalb des Körpers, verwendet werden. Ventile, wie die des Herzens, sind nicht notwendig, können gewünschtenfalls jedoch verwendet werden.

An Hand der in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung im folgenden näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen Axialschnitt einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe mit einem Innenmotor für die Beschleuniger- oder Rotoranordnung der Pumpe,

Fig. 2 einen vertikalen Querschnitt längs der Linie 2-2 in Fig. 1,

Fig. 3 den Axialschnitt einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe,

Fig. 4 einen Teilschnitt längs der Linie 4-4 in Fig. 3,

Fig. 5 einen Axialschnitt einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe mit nach außen konvergenten Rotoren,

Fig. 6 den Querschnitt einer zusätzlichen, in Verbindung mit der Erfindung brauchbaren Ausführungsform des Rotors und

Fig. 7 einen Axialschnitt eines vierten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Pumpe mit konvergenten Rotoren und einem Innenmotor.

Das in den Fig. 1 und 2 gezeigte Ausführungsbei-

spiel der erfindungsgemäßen Pumpe enthält mehrere aufgeweitete, insgesamt konische und koaxial angebrachte Rotoren 35, 36 und 37, die, verbunden durch mehrere Stangen 38, in Abständen zueinander 5 angeordnet sind. Die Rotoren 35 und 36 haben kreisförmige, axiale Öffnungen an ihrem inneren oder kleineren Ende 39 bzw. 40. Die Mitte 42 des Rotors 37 ist konvex gerundet und mit einer Welle oder Stange 43 verbunden, die drehbar gelagert ist und in eine Öffnung des Gehäuseendteils 45 ragt. Das Gehäuseendteil 45 ist entsprechend dem Rotor 37 nach innen gekrümmt. Der Rotor 37 ist in einem Abstand vom Gehäuseendteil 45 angebracht. Das kleinere Ende des Rotors 35 ist außerhalb der Öffnung 39 innerhalb des Gehäuses 48 durch eine kreisförmige Dichtung 49, beispielsweise einen O-Ring, abgedichtet. Angrenzend an die Dichtung ist ein Lager 50 vorgesehen. Das Gehäuse 48 ist entsprechend dem Rotor 35 nach innen gekrümmt.

Die drei Rotoren laufen zusammen um. Die Rotoren 35 bis 37 sind permanent magnetisiert und haben längs ihres Umfangs in Abständen voneinander angeordnete Nord- und Südpole 51 bzw. 52, wie dies für den Rotor 36 in Fig. 2 gezeigt ist. Die anderen 20 beiden Rotoren haben Magnetpole an den Polstellen des Rotors 36 entsprechenden Stellen. Die Motorwicklung 54 des elektrischen Motors liegt innerhalb des Gehäuses 48 um die Außenseite der Außenkanten der Rotoren 35 bis 37. Anstatt die Rotoren selbst zu magnetisieren, können an denselben auch getrennte Magnete angebracht werden.

Das Gehäuse 48 ist an der in Fig. 1 links gelegenen Seite nach innen und außen entsprechend dem Rotor 35 gekrümmt. Ein nach innen vorstehender verdickter Wandbereich 55 umgibt den Fluideinlaß zur Pumpe. Das Gehäuseendteil 45 ist, wie bereits erwähnt, entsprechend der Krümmung des Rotors 37 nach innen gekrümmt und an seiner Außenseite flach. Der Außenteil 57 der Gehäuseinnenwandung 35 enthält die Motorwicklung 54 und erstreckt sich mit gleichbleibendem Abstand um die Außenkanten der Rotoren. Die innere Oberfläche der Außenwandung 57 ist mit zwei kreisförmigen, an der Seite abgeschragten ringförmigen Stegen 59 und 60 versehen, die in der Mitte zwischen den Rotoren 35, 36 bzw. 45 37 liegen.

Die elektrischen Schaltelemente 62 für die Motorwicklung 54 sind innerhalb des Gehäuseendteils 45 angeordnet. Die Welle 43 ist in einem Lager 63 gelagert und dient zum Antrieb der Schaltelemente 62. Diese sind in herkömmlicher Weise (nicht gezeigt) mit den Wicklungen verbunden. Die Schaltelemente 62 dienen zur Änderung des Wicklungsstroms entsprechend der gewünschten Funktion der Pumpe. Der Antriebsmotor ist über Leitungen 65 und 65a an eine herkömmliche elektrische Spannungsquelle angeschlossen. Wenn den Wicklungen über die Schaltelemente 62 ein elektrischer Strom zugeführt wird, so laufen die magnetischen Rotoren um. Das Fluid tritt durch die Öffnung innerhalb des verdickten Wandbereiches 55 in die Pumpe ein und strömt zwischen den Rotoren 35 und 36 und den Rotoren 36 und 37 hindurch. Es erreicht diese Bereiche durch die Rotoröffnungen 39 und 40. Da Flügeloberflächen wie bei herkömmlichen Zentrifugalpumpen nicht vorhanden sind, die das Fluid direkt radial nach außen treiben, beginnt bei der erfindungsgemäßen Pumpe infolge der Reibung zwischen den Rotoren

und dem Fluid dasselbe kreisförmig zu strömen, wobei es sich langsam nach außen zum Umfang der Pumpkammer bewegt. Das Gehäuse enthält einen Auslaß 64 (Fig. 2), der in etwa tangential zum Kammerumfang verläuft, jedoch in einer beliebigen Richtung von der Kammer gerichtet sein kann. Das Fluid, dessen Geschwindigkeit durch die Rotation der Rotoren erhöht wurde, bewegt sich unter Druck aus dem Auslaß 64 hinaus und erfüllt somit die Pumpfunktion der Pumpe. Ein Pfeil 66 zeigt die Drehrichtung der Rotoren an.

Der Elektromotor kann ein beliebiger Wechsel- oder Gleichstrommotor mit oder ohne Kommutierung sein, der über elektrische Leitungen von einer geeigneten Wechselspannungsquelle oder Batterie gespeist wird, die entweder innerhalb oder außerhalb des Körpers angebracht ist. Die Leiter können vom Arzt durch die Haut hindurch verlegt werden. Die Spannungsquelle kann auch Kapazitätsverbindungen durch die Haut enthalten, wobei entweder beide Platten unterhalb der Haut liegen oder eine Platte unterhalb und die andere außerhalb der Haut. Auch kann innerhalb des Körpers eine Batterie angeordnet werden, die periodisch vom Arzt ersetzt wird oder die induktiv von außen nachladbar ist. Batterien, deren Betriebsdauer mehr als zwei bis drei Jahre beträgt, sind erhältlich, so daß Operationen zu ihrem Ersatz in zumutbaren Abständen ausgeführt werden können.

Bei der Ausführungsform der Fig. 3 und 4 hat das Gehäuse 70 insgesamt etwa die gleiche Form wie das Gehäuse 48 der Ausführungsform der Fig. 1 und 2. Innerhalb der Pumpkammer sind mehrere Rotoren 71 bis 74 angeordnet, deren äußerster 71 durch eine kreisförmige Dichtung 76, beispielsweise einen O-Ring, abgedichtet und in einem geeigneten Ringlager gelagert ist. Das Gehäuse weist einen verdickten Wandbereich 77 um den Fluideinlaß zur Pumpe auf. Die aufeinanderfolgenden Rotoren 71 bis 74 haben zunehmend kleiner werdende kreisförmige Durchflußöffnungen 78 bis 81, so daß das Fluid zwischen den Abständen zwischen den Rotoren hindurchströmen muß. Die Rotoren sind durch kreisförmig in einem Abstand voneinander angeordnete Elemente 83 mit einem drehbaren Magnetkörper 84 verbunden. Der Magnetkörper 84 trägt eine konzentrische Welle 85, die in einem Lager 86 gelagert ist. Das Ende 87 des Magnetkopfes 84 ist entsprechend der Krümmung des Rotors 74 sich erweiternd gekrümmt und liegt gegenüber diesem in einem Abstand, der etwa gleich ist den Rotorabständen. Der permanent magnetisierte Magnetkörper 84 weist rings um seinen Umfang abwechselnd magnetische und Nord-Südpole auf. Die Verbindungselemente 83 haben, wie aus Fig. 4 zu ersehen ist, einen stromlinienförmigen Querschnitt. Die abgerundeten Kanten 88 der Elemente 83 bilden die vorderen Kanten bei der Drehung durch das zu pumpende Fluid. Durch den stromlinienförmigen Querschnitt der Elemente 83 werden Turbulenzen bei der Drehung verhindert. Bei der Pumpe der Fig. 3 und 4 ist ähnlich wie die Wicklung 54 der Fig. 1 und 2 eine Motorwicklung 89 in das Gehäuse 70 eingebettet. Die elektrischen Schaltelemente für die Wicklung befinden sich in einer Kammer 91 am Ende der Welle 85. Die elektrischen Verbindungen zwischen den Schaltelementen und der Wicklung sind herkömmlicher Art und daher nicht gezeigt. Die elektrische Versorgungsspannung

wird über elektrische Leitungen 92 und 93 von einer nicht gezeigten, geeigneten Spannungsquelle zugeführt.

Damit das durch die Radialkanäle strömende Fluidvolumen vom Fluideinlaß bis zum Rotorumfang annähernd konstant bleibt, sollten die Rotorkanäle (Abstände zwischen den Rotoren) in ihrer Größe umgekehrt proportional mit dem radialen Abstand von der Rotorachse abnehmen. Dies ist bei den Ausführungsformen der Fig. 5, 6 und 7 der Fall. Hierdurch werden ungünstige Einflüsse auf das Fluid vermieden, beispielsweise Kavitation, Druckbe- und Entlastung, Stöße u. dgl. innerhalb der Pumpe.

Die Form der Rotoren der Fig. 5 und 6 ist so gewählt, daß das Volumen des nach außen strömenden Fluids von den Innenkanten zum äußeren Umfang der Rotoren konstant ist. Die Rotoren liegen an ihrem Umfang näher aneinander, so daß der nach außen gerichtete Fluiddurchsatz am Umfang der gleiche ist wie der auf einem beliebigen Kreis innerhalb des Rotorumfangs.

Die Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich gezeichnet, so daß die äußere Konvergenz der Rotoren tatsächlich größer sein kann als gezeigt, wobei die Rotoren an ihren äußeren Kanten enger aneinanderliegen und sich die Strömung gemäß der obigen Beschreibung verhält.

Die in Fig. 5 gezeigte Pumpe enthält mehrere Rotoren 94 a bis 94 d, die konisch sind, und deren Konuswinkel so gewählt ist, daß die Rotoren in Richtung zu ihrem äußeren Umfang konvergieren bzw. zusammenlaufen. Das Gehäuse 97 ist entsprechend den äußeren Rotoren gestaltet. Es weist am Einlauf einen Ansatz 98 zur Aufnahme der Nabe 99 des Rotors 94 a auf, die durch eine Dichtung 100, beispielsweise einen O-Ring, abgedichtet ist. Eine am Rotor 94 d befestigte Welle 102 ist in einem Lager 103 gelagert. Die Rotoren sind durch Stangen 104 miteinander verbunden. Die Gehäuseteile sind durch einen Flansch 106 miteinander verbunden. Das Gehäuse 97 weist einen tangentialen Fluidauslaß 108 aus einem kreisförmigen Zirkulationsraum 110 auf.

Bei der Ausführungsform der Fig. 5 sind die Innenkanten der Rotoren 94 b und 94 c zum Einlaß 112 hin aufgeweitet, so daß etwa das gleiche Fluidvolumen vom Einlaß in die drei Rotorkanäle gelangt.

Fig. 6 zeigt eine Pumpe, bei der zwei Rotoren 114 und 115 zwischen ihrer Mitte und ihrem Umfang doppelt gekrümmt sind. Die Rotoren laufen wie bei der vorigen Ausführungsform nach außen zusammen, um einen gleichmäßigen Volumenstrom an allen radialen Stellen der Rotoren zu erreichen.

Der Abstand zwischen dem äußeren Umfang der einzelnen Rotoren kann sehr gering sein, beispielsweise einige hundertstel Millimeter oder mehr. Von den äußeren Rotorkanten nach innen werden die Abstände zunehmend größer. Durch die engen Abstände am Umfang wird das Blut nicht in unzulässiger Weise beeinträchtigt, vielmehr wird der Pumpenwirkungsgrad beträchtlich erhöht. Der Pumpenwirkungsgrad steht in direkter Beziehung zum Übertragungswirkungsgrad der Rotoren, der von den Rotorabständen abhängig ist. Dabei besteht für jede Rotorguppe ein optimaler Abstand, bei dessen Anwendung der Pumpenwirkungsgrad optimiert werden kann. Wird jedoch der geringe Abstand über eine größere radiale Strecke beibehalten, so wird das Blut zu stark beeinträchtigt. Der Kanaleffekt auf den Wir-

kungsgrad ist jedoch am größten Radius am höchsten, so daß enge Abstände nur am Umfang notwendig sind. Die Rotoren können daher mit nach außen kontinuierlich abnehmenden Abständen gemäß der obigen Beschreibung angeordnet werden, wobei einerseits eine geringe Beeinflussung des Blutes und andererseits ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden.

Durch die Konvergenz der Rotoren, d.h. die Querschnittverringern der Strömungskanäle nach außen, wird die Kavitation (gelöste Gase werden infolge der Druckverringern innerhalb der Pumpe frei und bilden Blasen) vermieden, die den Pumpwirkungsgrad verringern und bestimmte Fluide, wie beispielsweise Blut, zerstören würde. Die Konvergenz der Rotoren kann so gewählt sein, daß die Strömungsgeschwindigkeit nach außen hin entweder zu oder abnimmt, wobei der Druck des gepumpten Fluids entsprechend verändert wird. In den äußeren ringförmigen Strömungskanälen zwischen den Rotoren wird die maximale Strömungsgeschwindigkeit beibehalten, so daß die Geschwindigkeits-Druck-Umwandlungen am äußeren Pumpengehäuse auftritt und wenn das Fluid in den Pumpenauslaß eintritt.

Durch die in Fig. 7 gezeigte Konstruktion einer Pumpe 150 werden die Dichtungen zwischen den Rotoren und dem Gehäuse vermieden. Das Gehäuse besteht aus zwei Teilen. Der eine Gehäuseteil 151 ist vom Ende 152 um den Fluideinlaß 153 aufgeweitet und weist eine flache Oberfläche 154 um seine äußere Kante auf, die zur Aufnahme einer ringförmigen Klemmutter 155 dient. Die Mutter 155 erstreckt sich über das Ende des Gehäuses hinaus und ist mit einem Innengewinde versehen. Der zweite Gehäuseteil 157 ist außen zylindrisch und weist ein Außengewinde auf, auf das die Mutter 155 zur Verbindung der Gehäuseteile 151 und 157 geschraubt ist. In einer Nut rings um das kreisförmige Ende des Gehäuseteils 151 liegt eine Dichtung 158, durch die die beiden Gehäuseteile gegeneinander abgedichtet werden.

In der Seitenwand des Gehäuseteils 157 ist eine tangentielle Auslaßöffnung 159 vorgesehen. In der Mitte der geschlossenen Endwand 161 des Gehäuseteils 157 ist eine Öffnung zur Aufnahme einer Welle 162 vorgesehen, die in einem Lager 163 gelagert und durch eine Dichtung 164 abgedichtet ist. Das Lager und die Dichtung sind in rings um die Wellenöffnung vorgesehenen ringförmigen Erweiterungen untergebracht.

Die Endwand 161 ist nach innen zu ihrer Mitte hin verdickt. Das innere Ende der Welle 162 ist konisch. An ihm sind mehrere, vorzugsweise drei, stromlinienförmige Stangen 166 von geringem Durchmesser angebracht, und zwar unter gleichem Winkel und mit gleichen Abständen. Auf den Stangen 166 sind mehrere Rotoren 168 bis 171 mit unterschiedlichen Krümmungen aufgehängt. Zur Aufnahme der Stangen 166 enthalten die Rotoren 168 bis 171 Öffnungen. Der Rotor 168 ist an den Enden der Stangen 166 gelagert. Die Rotoren 169 bis 171 sind in dem Zwischenraum zwischen dem Rotor 168 und dem Ende der Welle 162 angebracht. Die Rotoren sind an den Stangen 166 im Preßsitz oder auf andere geeignete Weise befestigt.

Die Rotoren 168 bis 171 haben kreisförmige Mittelöffnungen 168a bis 171a mit in dieser Reihenfolge geringer werdendem Durchmesser. Der Abstand zwischen den Mitten der Rotoren 168 und 169

ist größer als der zwischen den Mitten der Rotoren 169 und 170. Dieser ist seinerseits größer als der Abstand zwischen den Rotoren 170 und 171. Der Rotor 168 ist von der Innenseite der aufgeweiteten Wandung des Gehäuseteils 151 in einem Abstand angeordnet. Der Rotor 171 ist seinerseits von der aufgeweiteten Endwand 161 des Gehäuseteils 157 in einem Abstand angeordnet.

Die Abstände zwischen den Rotoren werden wie bei den Ausführungsbeispielen der Fig. 5 und 6 nach außen hin kleiner. Dagegen werden die Abstände zwischen den Gehäusewandungen und den beiden äußeren Rotoren 168 und 171 nach außen größer. Der Grund hierfür ist, daß die Gehäusewandungen nicht umlaufen und die Rotor- und Fluidgeschwindigkeiten nach außen hin zunehmen, so daß die Scherbeanspruchung auf das Fluid nach außen hin zunehmen würde, falls die Endabstände gleichförmig wären oder nach außen hin abnehmen. Daher werden, um Scherbeanspruchungen des Fluids zu vermeiden, wenn es nach außen zum Rotorumfang umläuft, die Abstände zwischen den äußeren Rotoren und dem Gehäuse nach außen hin größer.

Wenn das Fluid durch den Einlaß 153 hindurchströmt, verringert sich das Volumen während seiner Bewegung nach rechts (Fig. 7). Die Rotor-Mittelöffnungen 168a bis 171a sind so bemessen, daß sie den restlichen Durchsatz an den jeweils späteren Rotoren aufnehmen, nachdem ein Teilstrom durch die vorderen Rotoren abgelenkt wurde. Die ungleichmäßigen inneren Umfangsabstände der Rotoren sind wegen der stärkeren Krümmung der vorderen Rotoren im Vergleich mit den hinteren Rotoren notwendig.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 7 sind die Rotorelemente vom Motor getrennt. Die Rotorelemente liegen in einer Kammer des Gehäuses, während das magnetische Ankerelement in einer getrennten Kammer angeordnet ist. Die Welle 162 erstreckt sich in die getrennte Kammer, in der sie eine kreisförmige Magnetscheibe 175 trägt. Diese weist, wie bei den vorher beschriebenen Ausführungen, rings um ihren Umfang in Abständen zueinander liegende permanente Nord- und Südpole auf. Die Magnetscheibe 175 liegt flach an einer dickeren Scheibe 176 an, die mit ihr umläuft. Die Welle 162 liegt in einem Endlager 177. Das Gehäuse ist an seinem äußeren Ende 178 flach. Eine am Ende 178 des Gehäuses vorgesehene Kammer 179 enthält die elektrischen Schaltelemente für die Motorwicklung 180, die wie bei den vorherigen Ausführungsbeispielen innerhalb einer kreisförmigen Ringkammer des Gehäuses liegt und die Magnetscheibe 175 umgibt. Wird der Motorwicklung 180 über die Schaltelemente in der Kammer 179, die Magnetscheibe 175 und die mit ihr verbundene Scheibe 176 elektrische Energie zugeführt, so drehen sich die Rotoren 168 bis 171, und es wird das durch die Einlaßöffnung 153 eintretende Fluid gepumpt. Auch diese Pumpe enthält keine Flügeloberflächen, durch die das Fluid in der Pumpenkammer radial nach außen geworfen würde, so daß das Fluid mit konstant zunehmendem Radius kreisförmig umläuft und durch die Auslaßöffnung 159 aus dem Gehäuse gefördert wird. Die Auslaßöffnung 159 kann ähnlich der Auslaßöffnung 64 der Fig. 1 und 2 ausgebildet sein.

Bei sämtlichen hier beschriebenen und gezeigten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Pumpe sind der Fluideinlaß durch die Gehäusewandung und

der erste Rotor, über die das Fluid strömt, mit glatten und stetigen Oberflächen versehen, so daß keine plötzlichen Änderungen des Fluidstroms auftreten können. In jedem Fall fließt das zu pumpende Fluid nach innen zwischen die Rotoren und wird durch Reibung mit den Rotoren in eine kreisförmige Strömungsrichtung gelenkt. Die Pumpen arbeiten nach einem zwangsweisen Kraftwirbelprinzip, wobei keinerlei Laufradflächen in den Pumpen vorhanden sind, die auf das Blut oder ein anderes Fluid schlagen, während es zum Umfang der Pumpkammer radial nach außen gepumpt wird. Bei einer nach diesem Prinzip arbeitenden Pumpe wird durch eine umlaufende Kammer deren Inhalt in Drehung versetzt, so daß ein Wirbel entsteht und eine Masse von zirkulierendem Fluid in der umlaufenden Kammer durch die Drehung der Rotoren gehalten wird, die die Seiten der Kammer bilden. Die Rotationsgeschwindigkeit der Flüssigkeit in der Pumpe wird von der Mitte zum Umfang der Pumpkammer vergrößert, und die Flüssigkeit wird am Umfang der Rotoren abgezogen.

Das Blut wird weder durch die umlaufenden Rotoren noch durch einen anderen Teil der Pumpe merklich gerührt oder bewegt. Das Fluid wird keinen plötzlichen Strömungsrichtungsänderungen unterworfen, sämtliche Verbindungen zwischen Oberflächen und sämtliche Oberflächen, über die das Fluid strömt, sind glatt. Bei mehr als zwei Rotoren sind mehr als ein Kanal vorhanden, in dem das Fluid umläuft und gepumpt wird. Erfindungsgemäß wird also das gepumpte Fluid vorsichtig, wirkungsvoll und nicht turbulent behandelt.

Die erfindungsgemäßen Pumpen können mit einer beliebigen Anzahl von Pumpstufen versehen sein, und sie können einzelne Pumpstufen der hier beschriebenen Arten in jeder beliebigen Kombination enthalten.

Es sei darauf hingewiesen, daß bei sämtlichen erfindungsgemäß ausgebildeten Pumpen Turbulenzen und schnelle Druckänderungen des gepumpten Blutes vermieden werden. Ebenso wird jede physikalische Schleifwirkung auf das Fluid vermieden. Die Rotoren sind so ausgebildet, daß Blut oder andere

empfindliche Flüssigkeiten oder Gase, in denen Feststoffe suspendiert sind, während des Pumpens keinen Schaden leiden oder gar zerstört werden.

Im Gegensatz zu Zentrifugalpumpen werden die zulässigen Umlaufgeschwindigkeiten der Rotoren der erfindungsgemäßen Pumpe minimal gehalten. Die verschiedenen gezeigten Rotorkonstruktionen eignen sich sämtlich zur progressiven Erhöhung der kreisförmigen Bewegungsgeschwindigkeit des Fluids, während der Rotor umläuft und während das Fluid zum Umfang des Rotors gelangt. Bei jeder gezeigten Pumpe ist ein ringförmiger Fluid-Zirkulationsraum vorgesehen, der völlig unbehindert und regelmäßig ist, so daß das Fluid ohne Turbulenzen infolge der Auswirkungen von Leitorganen darin zirkulieren kann.

Die Materialien der Pumpen und ihrer Teile können entsprechend dem Verwendungszweck gewählt werden, beispielsweise Metalle, minerale Materialien, Kunststoffe, Kautschuk, Holz oder andere geeignete Materialien. Wenn Blut gepumpt werden soll, so muß die biologische Verträglichkeit berücksichtigt werden, so daß das Blut nicht geschädigt werden kann. Bewährt haben sich Teflon, isotroper Kohlenstoff, Silikonkautschuk, gewisse Kunststoffe und ein Dakrongitter, auf dem eine Neo-Intima wachsen kann. Bei diesen Materialien haben sich keine Schädigungen ergeben, und sie eignen sich zur Konstruktion von Blutpumpen. Gegebenenfalls können auch nicht korrodierende Metalle und Legierungen verwendet werden.

Die Gehäuse und Rotoren können aus geeigneten Materialien gebaut werden, so daß das Gehäuse starr, halbstarr oder elastisch ist, und zwar insgesamt oder teilweise. Die nicht starre Konstruktion eignet sich zur Erteilung von Impulskonfigurationen auf das Blut bei Herz-Simulationspumpen.

Die hier gezeigten Rotoren mögen zwar in manchen Fällen besser arbeiten, wenn sie ausschließlich in einer Richtung umlaufen. Grundsätzlich können sie jedoch in jeder beliebigen Richtung umlaufen, d. h. reversiert werden, ohne daß die Pumpen geändert werden müßten.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

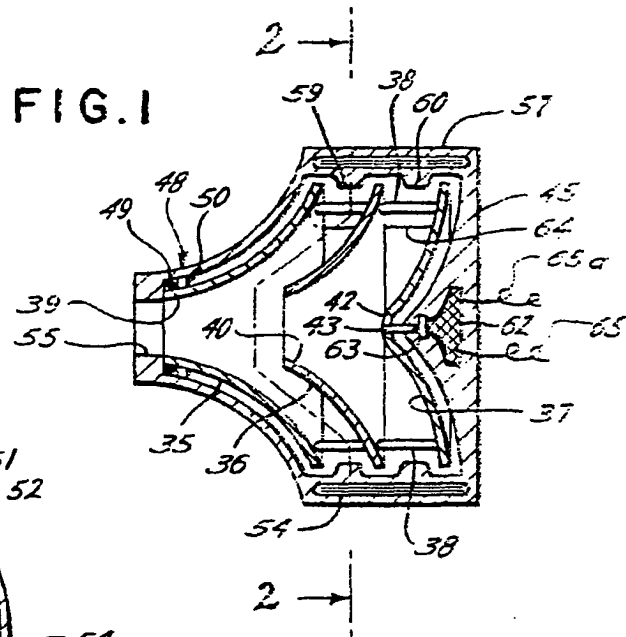


FIG. 2

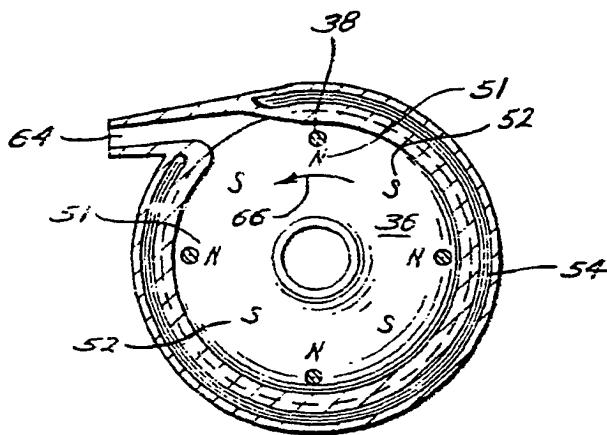


FIG. 3

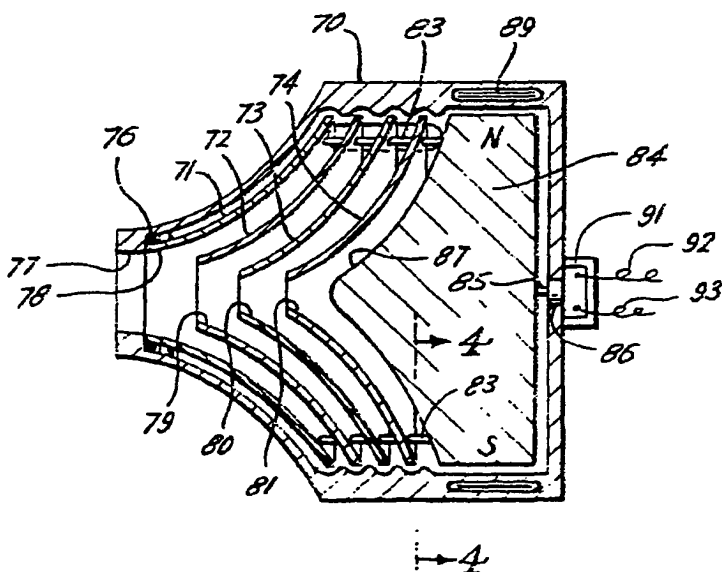


FIG. 4



COPY

ORIGINAL INSPECTED

